

水同位素在判别岩溶地下水资源组成中的应用

——以筛珠洞泉域为例

李 锋 林平选

(陕西省地质调查院, 西安 710068)

摘 要: 筛珠洞泉域岩溶地下水资源主要来源于泾河渗漏水 and 大气降水, 根据质量平衡原理, 利用水稳定同位素计算筛珠洞泉域地下水资源组成比例, 并进一步推算泾河渗漏量。

关键词: 资源组成比例, 渗漏量

地下水在循环过程中除了形成其一般的物理、化学踪迹外, 还形成了大量微观的同位素踪迹, 这些微观踪迹记录着地下水的起源及其演化的历史过程, 应用同位素技术去识别它, 便可为研究地下水及其与环境介质之间的关系提供重要信息。

泾河发源于宁夏泾源县老龙潭, 经陕西渭北淳化、礼泉、泾阳等县流入渭河。泾河部分河段河床岩性为碳酸盐岩, 岩溶较发育, 泾河在流经岩溶发育段时, 通过岩溶、裂隙渗漏补给地下水, 其中筛珠洞泉水的主要来源之一即为泾河渗漏水。确定泾河水渗漏量及其在筛珠洞泉域岩溶地下水资源中所占比例, 对合理开发利用筛珠洞泉域岩溶地下水资源具有重要意义。由于泾河在流经碳酸盐岩段河谷两岸多为悬崖峭壁, 交通、通讯极为不便, 用测流方法确定泾河渗漏量较为困难, 在实际工作中采用同位素方法简接计算泾河渗漏量, 该方法简单、易行, 且效果较好。

1 筛珠洞泉域水文地质特征

筛珠洞泉是渭北中部最大的岩溶泉, 以泉群形式出露于泾河北出山口的张家山活动断裂带上, 出露标高 452m, 泉群多年平均流量 $1.49\text{m}^3/\text{s}$, 泉水温度 22°C , 水化学类型为 $\text{HCO}_3-\text{Ca} \cdot \text{Na}$ 型, 矿化度 0.57g/l , ^{14}C 年龄为现代水, 泉水的平均年龄小于 50a。

泉域主要岩溶含水层为奥陶系马家沟群灰岩及白云岩 (图1), 两者厚逾千米。东庄水库勘察资料表明, 泾河在沙坡断裂以北为悬托型河流, 河水位高于地下水位 $15 \sim 30\text{m}$ (图2), 且在两岸不同标高灰岩岩溶发育, 河水具有一定渗漏条件。河水渗入地下后, 其同位素浓度就变为具有地下水的特征。

2 同位素判别方法的原理

筛珠洞泉域岩溶地下水的主要补给源为泾河渗漏水 and 大气降水, 可用下式表示

$$Q_d = Q_j + Q_h \quad (1)$$

式中: Q_d 为筛珠洞泉域岩溶地下水资源量 (m^3/s); Q_j 为大气降水入渗量 (m^3/s); Q_h 为泾

河渗漏量(m^3/s)。

根据质量平衡原理,地下水中同位素的相对含量由其两种不同补给源的同位素的相对含量之和组成^[1],即

$$Q_d(^{18}O_d) = Q_j(^{18}O_j) + Q_h(^{18}O_h) \quad (2)$$

$$Q_d(D_d) = Q_j(D_j) + Q_h(D_h) \quad (3)$$

式中: $^{18}O_d$ 、 D_d 为筛珠洞泉域地下水中同位素相对含量; $^{18}O_j$ 、 D_j 为大气降水中同位素相对含量; $^{18}O_h$ 、 D_h 为泾河水中同位素相对含量。

将(1)和(2)、(3)式联立,则有

$$Q_h/Q_j = (^{18}O_j - ^{18}O_d) / (^{18}O_d - ^{18}O_h) \quad (4)$$

$$Q_h/Q_j = (D_j - D_d) / (D_d - D_h) \quad (5)$$

利用上两式可计算出筛珠洞泉域地下水资源不同来源所占比例,由于筛珠洞泉为非全排型泉,故把大气降水入渗量 Q_j 作为已知条件,则可通过上式计算出泾河渗漏量 Q_h 。据已有资料,筛珠洞泉域大气降水入渗量为 $2183.1 \times 10^4 m^3/a$ ($0.69 m^3/s$),各种水体同位素组成见表1:

表1 水同位素组成

水样类型	取样地点	取样时间	D (‰)	^{18}O (‰)
泉水	筛珠洞泉	1997.11	-70.7	-9.87
	洗衣泉	1998.5	-72.0	-9.84
	平均		-71.35	-9.855
河水	东庄泾河谷	1997.11	-63.5	-8.34
大气降水	乾县水利局院内	1998.8	-115.3	-15.38
	乾县水利局院内	1998.9	-70.8	-10.21
	平均		-93.05	-12.8

3 岩溶地下水不同来源同位素判别结果

由于采样时间不同,为了减小其影响,取各样品的平均值进行计算,从泉水、河水和大气降水同位素分析知: $D_j = -93.05‰$, $D_d = -71.35‰$, $D_h = -63.5‰$,代入(5)式求得 $Q_h/Q_j = 2.76$, $Q_j = 0.69 m^3/s$ (已知),得出 $Q_h = 1.91 m^3/s$,同理利用 ^{18}O 值求得 $Q_h = 1.34 m^3/s$,见表2。

表2 计算成果表

计算方法	Q_h/Q_j	$Q_h / (Q_h + Q_j)$	河流渗漏量 Q_h	
			$\times 10^4 m^3/a$	m^3/s
按 ^{18}O 计算	1.94	65.99%	4236.5	1.34
按 D计算	2.76	73.43%	6034.8	1.91

4 结果分析

本文是通过同位素方法确定岩溶地下水资源组成的一个尝试,通过本次尝试,从数量上给出了筛珠洞泉域岩溶地下水资源不同来源的组成比例,由于岩石及矿物的 ^{18}O 值一般要比水的 ^{18}O 值大得多,在一定条件下,水与围岩接触发生氧同位素交换反应,而岩石中含氢矿

物很少,且 D值较低,因此同位素交换反应对水的 D值几乎不产生影响^[2]。就此意义来说,地下水的 D值比 ¹⁸O值更能反应出水的原始来源,所以 D值计算的结果为准,把按 ¹⁸O计算的结果作为参考。即河水入渗补给量占筛珠洞泉域岩溶地下水资源量的73.43%,并由此推算出泾河渗漏量为1.91m³/s。据东庄水库勘察资料,在不同时期、不同河段的几次测流及筛珠洞泉水动态推断泾河渗漏量约为2 m³/s,与本次计算结果较为接近,可见利用同位素方法计算地下水资源组成结果较为可信,对条件相同或相似地区有一定借鉴意义,但在实际应用中应注意,为避免由于采样的时间、空间分布及采样时的温度等因素的影响,最好每月采样,用至少一个水文年的平均值进行计算,以提高计算结果的精确度,文中由于资料所限未考虑上述影响,另外应注意水与周围介质的同位素交换反应的影响。

由于作者水平有限,文中错误之处在所难免,敬请批评指导。

参考文献

- [1]高文义.用氧—18研究秦皇岛市燕塞湖水资源组成.《西安地质学院学报》.1993年,第15卷增刊。
- [2]王恒纯.《同位素水文地质概论》.地质出版社.北京,1991。